

DESCRIPTIF DU SUJET ET ARGUMENTAIRE DU DIRECTEUR DE THESE

Nom et prénom du directeur de thèse : Zohir YOUNSI

Adresse mail du directeur de thèse : zohir.younsi@junia.com

Téléphone du directeur de thèse : 06.95.81.53.28

Date d'obtention de l'HDR : 12/2017

Nom et prénom du codirecteur de thèse ou co-encadrant (rayer la mention inutile) : Dhaker Abbes

Adresse mail du codirecteur de thèse (ou co-encadrant): dhaker.abbes@junia.com

Téléphone du codirecteur de thèse(ou co-encadrant) : 03.28.38.48.58

Si codirecteur, date d'obtention de l'HDR : 2019

Dossier soumis par : FUPL

Intitulé du sujet de thèse (en français) : *Développement d'une pile thermique pour le stockage de l'énergie fatale et l'énergie produite par les énergies renouvelables*

Résumé du sujet de thèse (Décrire en français les objectifs visés en 1500 caractères maximum)

Dans un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la France s'est engagée de porter à 32 % la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale en 2030 et de réduire de 50% la consommation énergétique à horizon 2050. Or, un des principaux obstacles au développement des énergies renouvelables souvent intermittentes est le manque de solution de stockage, permettant de pallier le déphasage entre production et consommation. De plus, un tiers de la consommation énergétique française ressort sous forme d'énergie fatale. Ce projet de recherche s'inscrit dans un contexte d'efficacité énergétique et de réduction de l'empreinte écologique par le développement d'une solution innovante de stockage énergétique. L'objectif est de développer une pile thermique intégrant des matériaux à changement de phase éco-efficaces pour le stockage de l'excédent d'énergie renouvelable et l'énergie fatale récupérée. Il s'agit d'une batterie de stockage isolée thermiquement composée d'échangeurs thermiques dont la géométrie sera particulièrement étudiée. La chaleur stockée dans des batteries sera ensuite restituée. Ce stockage peut être modulable (en fonction du gisement d'énergie à récupérer) et/ou mobile. Cette solution nécessite un investissement faible et peu risqué car il n'y a pas besoin de modifier les infrastructures existantes. Pour une meilleure optimisation, cette solution de stockage doit être dotée d'une intelligence de pilotage (prévisions, mesures...) permettant de gérer de manière flexible la production, le stockage et la distribution de l'énergie. Le travail de thèse proposé ici s'appuiera sur des travaux récents en termes de choix des matériaux à changement de phase et échangeurs de chaleur.

DESCRIPTIF DU SUJET (en 3 pages minimum)

1) Le sujet de recherche choisi et son contexte scientifique et économique :

La demande d'énergie ne cesse d'augmenter en raison du développement économique rapide, de l'accroissement de la population et de l'amélioration du niveau de vie. Dans ce contexte, la France s'est engagée à réduire la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, des efforts importants doivent être consentis au niveau des secteurs consommateurs d'énergie et émetteurs de GES. À la vue de l'annonce de l'épuisement des ressources énergétiques fossiles et surtout de l'impact négatif de ces énergies carbonées sur le réchauffement climatique, le recours à des innovations de rupture destinées à l'optimisation énergétique des bâtiments utilisant le principe du stockage de l'énergie devient incontournable. L'une des techniques les plus prometteuses semble être le stockage par chaleur latente au sein d'un Matériau à Changement de Phase (MCP). En raison de leur capacité à absorber, stocker et libérer la chaleur ou le froid, les MCP peuvent former un système de stockage d'énergie thermique à chaleur latente. Les matériaux de stockage de la chaleur latente peuvent stocker la chaleur à une température presque constante tout en subissant une transition de phase. En effet, le principe du stockage thermique par changement de phase pour les systèmes ENR consiste en un déphasage entre production et consommation d'énergie sur le réseau. C'est donc une solution qui permet d'accumuler l'énergie produite par un système d'énergie renouvelable (photovoltaïque, solaire hybride, solaire thermique, hydraulique) et de la restituer pendant les périodes de besoin du bâti sur les réseaux d'énergie du bâtiment. Ce déphasage, introduit entre production et consommation, peut se faire à différentes échelles de temps par le biais de stockages journaliers, hebdomadaires ou inter-saisonniers.

Ce travail de recherche s'inscrit dans un contexte d'efficacité énergétique et de réduction de l'empreinte écologique des bâtiments par le développement d'une pile thermique innovante permettant d'améliorer le confort thermique à partir de sources renouvelables d'énergie, de récupération de chaleur fatale émise par les bâtiments et de stockage sensible et latent de cette énergie en vue de différer son utilisation et réduire la consommation de l'énergie.

Les développements proposés dans ce projet consistent à mettre en place un procédé destiné à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en général mais plus spécifiquement les bâtiments existant pour lesquels l'effort en termes de rendement énergétique est le plus crucial. Ces développements s'insèrent dans le domaine de l'augmentation des performances énergétiques par l'utilisation d'énergie thermique renouvelable et de chaleur fatale associé à un système de stockage latent (MCP), un système de distribution et de gestion intelligent. L'objectif général de ce travail de thèse est de concevoir une solution de stockage par changement de phase sur un système ENR ou de dégagement d'énergie fatale. Il s'agit d'une batterie rechargeable en chaleur, thermiquement isolée, et composée d'échangeurs thermiques dont la géométrie sera particulièrement étudiée. L'excédent d'énergie produite par les systèmes ENR ou l'air chaud dégagé dans le bâtiment (chaufferies, data center, etc.) se diffuse dans les échangeurs remplis de matériaux à changement de phase (cycle de charge). Elle peut ainsi être stockée pendant plusieurs jours avec toutefois de faibles pertes thermiques. La chaleur est ensuite restituée (cycle de décharge). Ce stockage peut être modulable et/ou mobile. Cette solution nécessite un investissement faible et peu risqué car il n'y a pas besoin de modifier les infrastructures existantes dans les bâtiments. Afin de diversifier les services liés au réseau électrique, le système de stockage thermique sera couplé à des convertisseurs permettant la conversion de surproduction d'électricité renouvelable en chaleur haute température (power to heat). Pour une meilleure optimisation, cette solution de stockage doit être dotée d'une intelligence de pilotage (prévisions, mesures...) permettant de gérer de manière flexible la production, le stockage et la distribution de l'énergie. Le travail de thèse proposé ici s'appuiera sur des travaux récents en termes de choix des matériaux à changement de phase et échangeurs de chaleur utilisés pour le stockage de chaleur dans les réseaux de chaleur. Le travail sera focalisé sur la conception d'une batterie de stockage thermique par changement de phase et de sa gestion.

Ce projet est en phase avec la philosophie de développement économique régional par l'innovation technologique en intégrant les idées nouvelles et les compétences des forces vives de la zone (Universités, Centres de Recherche). Deux importants domaines concernés s'intègrent dans la perspective du progrès industriel : les échangeurs thermiques pour récupérer l'énergie et améliorer les procédés industriels dont le marché mondial est d'environ 20 Milliards \$ d'ici 2026 et le stockage de l'énergie thermique en utilisant les MCP dont le chiffre global d'affaire atteindra 10 Milliards \$ en 2025. A l'issue des travaux envisagés, le procédé mis au point pourra être transféré aux nombreuses entreprises du secteur de la construction ou de l'industrie de la zone ainsi qu'aux producteurs d'énergie renouvelable. La pile thermique ainsi développée assurera un avantage compétitif à ces mêmes entreprises et un maintien, voire un renforcement de l'ancrage de ces industries dans nos régions. Les perspectives de ces travaux de recherche sont fortement connectées au projet Live Tree (Lille Vauban en Transition Énergétique, Ecologique et Economique) de la Région avec comme objectif de développer de nouvelles méthodologies et applications impliquant de nouvelles problématiques scientifiques. Ces nouvelles méthodologies sont directement utilisées dans des bâtiments démonstrateurs permettant ainsi d'améliorer l'efficacité thermique, de répondre aux attentes sociétales et de réduire les impacts environnementaux

2) L'état du sujet dans le laboratoire d'accueil.

Ce projet s'intègre dans les activités de recherche de l'équipe Ville Intelligente du LGCgE et de l'équipe Réseaux au sein du L2EP et. Elle se situe dans la continuité des travaux de renforcement de la thématique stockage thermique par les matériaux à changement de phase initiée depuis une quinzaine d'années par plusieurs thèses et projets de recherche postdoctorale en cours notamment en lien avec les projets SBnodesSG ainsi que la chaire industrielle VINCI-JUNIA. Elle combine les connaissances fondamentales sur les transferts de chaleur avec changement d'état et les techniques de pilotages de l'énergie pour lesquels les équipes Ville Intelligente du LGCgE et Réseaux du L2EP ont une expertise certaine complétée par des travaux récents dans le domaine de la simulation numérique des phénomènes de stockage dynamique de la chaleur. Le projet sera appuyé par deux enseignants chercheurs titulaires d'une HDR Zohir YOUNSI et Abbes DHAKER avec une expérience dans la direction et la gestion de thèses de doctorat respectivement dans les domaines de la thermique de l'habitat et de l'énergétique des systèmes. Le regroupement des compétences de ces deux équipes de recherche au sein de l'équipe encadrante de cette thèse est un point particulièrement fort et pertinent du projet : l'équipe de recherche Ville Intelligente du LGCgE a acquis une expérience et une compétence reconnues dans la recherche et la mise en œuvre de techniques innovantes dans le domaine de la thermique l'habitat (stockage thermique, mur solaire, ventilation, qualité de l'air). L'équipe Réseaux est une équipe de recherche reconnue dans le domaine des réseaux électriques intelligents dans un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique de la durabilité et de la sécurité.

3) Les objectifs visés, les résultats escomptés.

L'objectif du travail proposé consiste à développer en employant une double approche numérique et expérimentale un prototype de pile thermique innovants stockeuse d'énergie renouvelable (solaire) et de chaleur fatale (domestique) au sein d'une structure contenant des matériaux à changement de phase (MCP) associé à un système de distribution énergétique. Cette pile peut être modulable (en fonction du gisement d'énergie à récupérer) et/ou mobile pour une meilleure flexibilité en vue de l'amélioration du confort thermique et l'efficacité énergétique des systèmes CVC (Chauffage, Ventilation et Climatisation). La motivation principale de ce projet est de développer une solution de stockage thermique facilement installable dans les bâtiments en construction, mais surtout adaptable aux bâtiments existants afin d'assurer de façon active un meilleur confort et une faible consommation énergétique en utilisant le même MCP. La seconde motivation de ce projet est de contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale des bâtiments qui représentent un poste majeur de consommation d'énergie finale, en augmentant son efficacité énergétique globale.

En termes de résultats escomptés, il est attendu :

- Le développement d'une solution de stockage court terme d'énergie solaire et de récupération de chaleur fatale avec une périodicité de charge/décharge journalière, en utilisant le même MCP, pour le confort d'hiver et d'été.
- La validation du concept par une double approche numérique et expérimentale à taille réelle sur une de nos bâtiments démonstrateurs.
- Le projet présente un potentiel important de valorisation sous forme de brevet ou de transfert technologique auprès des fournisseurs d'énergie qui sera accompagné par la SATT Nord avec qui JUNIA est conventionnée.

Les innovations développées dans le cadre de ce projet auront des conséquences directes sur l'efficacité énergétique globale des bâtiments neufs et existants qui engendrera une diminution aussi bien de la facture énergétique des bâtiments que de leur impact sur l'environnement.

4) Le programme de travail avec les livrables et l'échéancier prévisionnel.

La pile thermique isolée thermiquement est constitué d'une structure compartimentée contenant des MCP, d'échangeurs thermiques dont la géométrie sera particulièrement étudiée. La chaleur stockée dans des batteries sera ensuite restituée. Ce stockage peut être modulable (en fonction du gisement d'énergie à récupérer) et/ou mobile. Afin de diversifier les services liés au réseau électrique, le système de stockage thermique sera couplé à des convertisseurs permettant la conversion de surproduction d'électricité renouvelable en chaleur haute température (power to heat). Pour une meilleure optimisation, cette solution de stockage doit être dotée d'une intelligence de pilotage (prévisions, mesures...) permettant de gérer de manière flexible la production, le stockage et la distribution de l'énergie.

La pile thermique est traversée par deux réseaux aérauliques parallèles. Le premier réseau assure la charge thermique en récupérant l'excédent d'énergie produite par les ENR et/ou la chaleur fatale récupérée par circulation forcée de l'air de la source vers le milieu de stockage (MCP) pour en extraire les calories (fusion du MCP). L'autre réseau extrait par circulation forcée d'air les calories stockées dans les MCP (solidification du MCP) pour chauffer le bâtiment vis un système de diffusion de la chaleur. Ainsi, l'innovation dans ce projet combine les avantages connus des batteries thermiques **couplées à un stockage latent de chaleur et à un système de distribution piloté permettant de concevoir un système thermique actif d'origine renouvelable pour le chauffage et le rafraîchissement de l'habitat neuf et ancien.**

Le projet de thèse décrit ci-après permettra de quantifier les performances du système et de valider le concept par la construction d'un pilote.

L'objectif général de ces travaux se décline en plusieurs parties :

- Une première partie se focalisera sur une analyse bibliographique extensive sur les différents types de MCP, leur utilisation dans des systèmes énergétiques pour des applications dans l'habitat (Réseaux de chaleur, géothermie, etc.), leur utilisation pour le stockage thermique (dans la plage de température 10°C-40°C) ainsi qu'à la régulation du confort thermique. Un travail de recherche sera effectué sur les solutions de distribution de l'énergie stockée. (*Trimestre 1 à Trimestre 10, tout le long de la thèse*)
- Une deuxième partie du travail consistera à développer la solution de stockage thermique utilisant les MCP et changeurs thermiques. Une étude de dimensionnement, intégration et répartition des batteries de stockage dans plusieurs cas de figures sera réalisée. (*Trimestre 2 à Trimestre 6*)
- Une troisième phase consistera à mettre en place une méthodologie de gestion des flux énergétiques au niveau des batteries, en fonction des objectifs fixés au système constitué du bâtiment, du stockage et du système ENR, et des contraintes respectives de ces éléments. (*Trimestre 6 à Trimestre 7*)
- Une quatrième phase de ce travail consistera à la définition d'un cas d'étude qui servira à valider les différentes phases du travail (type de bâtiment, température du système ENR, MCP retenu, diffuseurs, etc.). Un de nos bâtiments démonstrateurs sera sollicité pour tester notre solution et valider cette preuve de concept. (*Trimestre 7 à Trimestre 11*).
- La dernière partie de ce projet sera consacrée à la rédaction du mémoire de thèse (*Trimestre 11 à trimestre 12*). Il est prévu à minima deux publications scientifiques dans des revues internationales à facteur d'impact.

5) Les collaborations prévues

Les deux équipes de recherche impliquées dans ce projet développent depuis plusieurs années des activités de recherche variées dans les domaines de la mécanique des fluides et des transferts de chaleur incluant le changement d'état solide-liquide, des réseaux électriques intelligents et de l'optimisation des performances des systèmes énergétiques en utilisant à la fois des approches numériques et expérimentales. De nombreux travaux de thèse ont été soutenus dans ces domaines très souvent avec une collaboration forte avec le monde socio-économique impliquant plusieurs industriels (Bouygues, VINCI, DALKIA, etc.). Afin de renforcer ses activités de recherche, JUNIA HEI collabore avec différentes équipes de recherche tant du secteur public que privé en particulier avec l'université d'Artois et l'IMT Lille Douai. Dans le cadre de ce projet, une collaboration est prévue avec Vinci Construction France et Vinci Energies. Le développement d'une pile thermique stockeuse d'énergie renouvelable et récupératrice d'énergie fatale permet de traiter les problèmes d'efficacité énergétique dans le bâtiment s'agissant aussi bien du parc immobilier neuf qu'ancien dans le but de réduire l'impact environnemental des sources énergétiques. Ce projet permettra de renforcer le lien historique qui existe entre VINCI et JUNIA tout en s'assurant un transfert de technologie à la société à travers des dépôts de brevets. Il permettra également de développer un prototype à l'échelle réelle (TRL > 5) par voie couplée numérique et expérimentale. Par ailleurs, les différents résultats de ces travaux seront valorisés sous forme de communications et d'articles de review au sein de la communauté scientifique dans un objectif d'accroissement de la visibilité internationale de notre institution d'Enseignement et de Recherche.

6) Une liste de 10 publications maximum portant directement sur le sujet en soulignant celles du laboratoire.

1. F. Boudali Errebai, S. Chikh, L. Derradji, M. Amara, Z. Younsi, "Optimum mass percentage of microencapsulated PCM mixed with gypsum for improved latent heat storage". *Journal of Energy Storage* (Ed. Springer; Q1), Volume 33, January 2021, 101910. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101910>. IF: 5.747.
2. R. Mabrouk, H. Dhahri, H. Naji, S. Hammouda, Z. Younsi, "Numerical investigation of porosity effect on a PCM's thermal performance in a porous rectangular duct via thermal lattice Boltzmann method", *Int. Commun. Heat Mass Transf* (Ed. Elsevier; Q1), Vol. 119 104992, 2020; Doi: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.104992>, IF: 3.971.
3. R. Mabrouk, H. Naji, H. Dhahri, Z. Younsi, "Insight into Foam Pore Effect on Phase Change Process in a Plane Channel under Forced Convection Using the Thermal Lattice Boltzmann Method", *Energies* (Ed. MDPI; Q1), Vol. 13, No.15, pp. 3979, 2020; Doi: <https://doi.org/10.3390/en13153979>, IF: 2.82.
4. R. Mabrouk, H. Dhahri, H. Naji, S. Hammouda, Z. Younsi, "Lattice Boltzmann simulation of forced convection melting of a composite phase change material with heat dissipation through an open-ended channel", *Int. J. of Heat and Mass Transfer* (Ed. Elsevier; Q1), Vol. 153, pp. 119606, 2020; Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jheatmasstransfer.2020.119606>, IF: 4.947.
5. Z. Younsi, H. Naji, "Numerical assessment of brick walls' use incorporating a PCM towards thermal performance in buildings during a passive cooling strategy", *Thermal Science* (Ed. Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade; Q3), Vol. 24, No. 3, pp. 1909-1922, 2020; Doi: <https://doi.org/10.2298/TSCI180302207Y>. IF: 1.541.

6. Z. Younsi and H. Naji, "A numerical investigation of melting phase change process via the enthalpy-porosity approach: Application to hydrated salts". *Int. Communications of Heat and Mass transfer* (Ed. Elsevier; Q1), Vol. 86, pp. 12-24; 2017; Doi: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2017.05.012>. IF: 4.224.
7. Z. Younsi, H. Naji and M. Lachheb, "Numerical investigation of transient thermal behavior of a wall incorporating a phase change material via a hybrid scheme". *Int. Communications of Heat and Mass Transfer* (Ed. Elsevier, Q1), Vol. 78, pp. 200-206, 2016; Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.09.007>. IF: 4.225.
8. M. Lachheb, Z. Younsi, H. Naji, M. Karkri and S. Ben Nasrallah, "Thermal behavior of a hybrid PCM/plaster: A numerical and experimental investigation", *Applied Thermal Engineering* (Ed. Elsevier; Q1), Vol. 111, pp. 49-59, 2017; Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.09.083>. IF: 4.725.
9. Joulin, Z. Younsi, L. Zalewski, S. Lassue, D. R. Rousse, and J-P Cavrot, "Experimental and numerical investigation of phase change materials: thermal energy storage and release", *Applied Energy* (Ed. Elsevier; Q1), 88, 2454-2462, 2011. Doi: [10.1016/j.apenergy.2011.01.036](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.01.036). IF: 5.746.
10. Z. Younsi, S. Lassue, L. Zalewski, D. R. Rousse, and A. Joulin, "A novel technique for the experimental thermophysical characterization of phase change materials", *Int. J. of Thermophysics* (Ed. Springer; Q3), 32 (3), 674-692, 2011. Note: **Note: This paper was ranked 6th for citations of 180 published contributions in this journal in 2011, among the top 5%.** Doi: [10.1007/s10765-010-0900-z](https://doi.org/10.1007/s10765-010-0900-z). IF: 0.946.

ARGUMENTAIRE DU DIRECTEUR DE THESE

En quoi le sujet répond à l'un au moins des critères de priorisation de la Région ?

Le projet est en adéquation avec les défis sociétaux de croissance intelligente, croissance durable et croissance intrusive énoncés par H2020. De plus, cela est cohérent avec l'axe prioritaire 3 du DOMO FEDER: "conduire la transition énergétique en région Nord Pas de Calais" - OT 4 "Soutenir la transition vers une économie à faible émission de carbone dans l'ensemble des secteurs" - Priorité d'Investissement 4f "en favorisant la recherche et l'innovation concernant les technologies à faible émission de carbone et l'adoption de telles technologies" - Objectif Spécifique 1 "En réponse aux défis de la transition énergétique, intensifier et qualifier l'offre de recherche, accroître le nombre de projets innovants dans le cadre de la SRI-SI" (cf pp.116 - 126 du document DOMO FEDER), en particulier pour l'action 2 "financement des plateformes technologiques, démonstrateurs, laboratoires d'usages (living lab.) s'adossant sur une vision partagée entre acteurs académiques et économiques et/ou de la société civile pour les projets concernés et inscrits majoritairement dans les feuilles de route des pôles d'excellence et de compétitivité".

En quoi le sujet participe à la structuration de la recherche en Région ?

Dans le cadre des travaux menés en 2013 sur la Troisième Révolution Industrielle (TRI en Hauts de France, Master Plan de Jérémie Rifkin), le parlement du Savoir a proposé que les Universités régionales s'engagent dans le projet "Université zéro carbone". Un des piliers de la TRI est la réduction de la dépendance énergétique. Notre projet, en plus des économies d'énergie qu'il va générer via le stockage thermique, contribuera aussi à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments neufs et existants. En termes de structuration de la recherche régionale, le projet renforcera la collaboration de chercheurs multidisciplinaires issus de JUNIA et des experts industriels de VINCI. Les travaux initiés dans ce projet permettront de construire des expertises de recherche interdisciplinaires, qui bien sûr seront mises au service du tissu économique régional, ainsi que des formations académiques des établissements impliqués. A moyen terme, l'objectif de ces travaux est d'acquérir un savoir scientifique qui permettra de développer les solutions retenues au cœur des démonstrateurs de l'Université Catholique de Lille, au cœur de bâtiments utilisés au quotidien par des milliers d'utilisateurs. Ce projet participera à l'effort du campus de tendre vers une neutralité carbone. Il s'intégrera dans la thématique générale de recherche de JUNIA « Ville en transition ».

En quoi le sujet s'inscrit dans les priorités du cofinanceur sollicité ?

Comme mentionné plus haut, ce projet est porté par trois Etablissements des Hauts de France à savoir JUNIA, VINCI Energies et VINCI Construction France. Le sujet s'inscrit pleinement dans le développement et le renforcement des actions de recherche menées au sein des trois institutions (un académique et deux industriels). De plus, les résultats de ce projet contribueront à l'accroissement de leur rayonnement tant sur le plan national qu'international. En outre, le projet contribuera au renforcement des développements d'un jeune enseignant chercheur qui prépare activement son dossier d'Habilitation à diriger des Recherches (HdR). D'autres part, ce projet est directement en lien avec les priorités de recherche de la Région Hauts de France. Le sujet de recherche s'inscrit en effet dans l'axe thématique « villes et territoires durables » avec une contribution aux développements de bâtiments performants énergétiquement par le développement de composants innovants utilisant l'énergie solaire et les techniques de stockage. Le plan de financement visé sera un cofinancement du salaire du doctorant à hauteur de 50% par la Région.

Pour les sujets en lien avec un partenariat public-privé ou un partenariat entre plusieurs laboratoires publics, quelles sont les modalités du partenariat ?

JUNIA HEI, Vinci Energies et Vinci construction France cofinanceront les développements expérimentaux en lien avec le projet qui renforcera indubitablement leur lien historique, lequel lien a déjà abouti à la soutenance de plusieurs thèses en partenariat avec le monde socioéconomique pour lequel des accords de partage de la propriété intellectuelle (brevets, valorisation scientifique, etc.) ont déjà été mis en place par les services juridiques des trois Etablissements. De plus, le partenariat entre JUNIA, VINCI Energies et VINCI Construction France a permis de mettre en place une chaire industrielle en 2021.

En quoi le sujet pourrait être valorisé dans un cadre national, européen, international ?

A moyen terme, les développements issus de ce projet pourront venir enrichir les différents démonstrateurs situés sur le campus de l'Université Catholique de Lille, pour les faire évoluer vers des Smart Buildings, au cœur de bâtiments anciens, véritables lieux de vie de plusieurs milliers de personnes (étudiants, personnels, visiteurs). Ces sites démonstrateurs, ainsi que les chercheurs et ingénieurs de nos établissements, pourront intégrer des projets de recherche et d'innovation internationaux. Ce projet est ensuite une opportunité de développer des expertises interdisciplinaires, théoriques et expérimentales, qui pourront, à terme, être mises au service de partenaires économiques régionaux et nationaux, et diffusées auprès des étudiants de nos établissements de formation, les formant ainsi à des technologies qui contribueront à la mise en œuvre de la transition énergétique de nos territoires. Les résultats issus de cette recherche seront valorisés via des publications scientifiques et des conférences en vue d'améliorer le rayonnement de l'équipe de recherche aussi bien au niveau régional, national qu'international.

Quelles sont les perspectives de valorisation, de transfert et d'innovation sur le territoire des Hauts-de-France ?

Ce projet possède un fort potentiel de valorisation académique et de transfert de technologie vers le monde socioéconomique. En effet, le développement et l'optimisation par voie expérimentale d'une pile thermique pour le stockage

latent (via les matériaux à changement de phase) d'énergie renouvelable et la récupération de chaleurs fatale dans les bâtiments aussi bien neufs qu'anciens est très peu abordée dans la littérature scientifique alors que les travaux sur les solutions de stockage thermique par voie sensible sont bien documentés. Notre objectif reste donc de développer le savoir-faire sur la conception optimale de batteries thermiques stockeuses de chaleur particulièrement pour l'amélioration de l'efficacité énergétique globale du parc immobilier neuf et ancien. Parmi les industriels de la région qui peuvent directement être visés par les développements issus de notre projet, nous pouvons citer la société immobilière Vilogia avec une implantation sur tout le territoire national et avec lequel des contacts seront pris dans le cadre de ce projet, mais également des entreprises d'autres secteurs d'activité pour lesquels les développements réalisés pourront être transposables à l'amélioration de leur efficacité énergétique (Briqueteries du Nord située à Lille, Fonderies du Nord située à Hazebrouck, Hamon d'Hondt situé à Fresnes sur Escaut, etc.). Par ailleurs, le tissu économique transfrontalier est en reconversion économique mais les industries lourdes y sont encore bien présentes. Citons les secteurs du bâtiment, de l'automobile, du transport, du textile, etc. ainsi qu'un réseau dense de petites et moyennes entreprises, sous-traitantes de l'industrie régionale. Si ces PME veulent poursuivre, voire développer une activité économique en partenariat avec les grandes entreprises, elles doivent fournir des produits performants et compétitifs. Ce projet de recherche est en cohérence avec cette philosophie de développement économique régional par l'innovation technologique. Il est mené dans un domaine qui s'intègre dans la perspective du progrès industriel. Avec la concurrence des pays émergents et pour que ce réseau d'entreprise puisse survivre, il faut investir dans de nouveaux concepts à haute valeur ajoutée. Il est donc essentiel de développer une solution de stockage thermique sur la base d'un réseau de partenaires en R&D mais également en intégrant les idées nouvelles et les compétences des forces vives de la zone (Universités, hautes écoles, centres de recherche, etc.). Le public cible est principalement constitué des entreprises de la filière bâtiment. Les résultats seront diffusés lors de conférences mais aussi lors de journées thématiques de sensibilisation pour professionnels et grand public. La vulgarisation du fruit de ces recherches pourra être envisagée grâce aux Journées de la Science, Printemps des Sciences et autres manifestations.

Le sujet peut-il ou non contribuer à la Troisième Révolution Industrielle (TRI) ?

L'objectif de ce projet étant de développer une pile thermique qui stocke l'excédent d'énergie produite par les ENR et l'énergie fatale émise par les bâtiments afin d'améliorer l'efficacité énergétique globale du parc immobilier neuf et ancien. Il s'inscrit dans la démarche de la réhabilitation massive dans la Région (enveloppe fonctionnelle et facilement intégrable), il est en parfaite adéquation avec les objectifs de la Troisième Révolution Industrielle (TRI) dont l'une des priorités est accordée au développement des énergies renouvelables et au stockage d'énergie sous toute forme. Cette thèse contribuera à l'amélioration de l'efficacité énergétique globale des bâtiments afin de les rendre moins énergivore et, avec un faible impact sur l'environnement et les ressources.

Le sujet peut-il contribuer à développer la bioéconomie en région ?

Notre projet contribuera à l'une des ambitions du master plan de la bioéconomie à savoir « Structurer et mettre en place durablement une filière de matériaux biosourcés en Hauts-de-France ». En effet, la plupart des MCPs que l'on rencontre sur le marché sont d'origines fossiles et donc controversés par rapport aux enjeux environnementaux. De plus, leur recyclage peut poser problème. Ainsi, il est indispensable de s'orienter vers de nouveaux matériaux à changement de phase biosourcés et biodégradable. Dans le cadre de notre projet, on favorisera le recours vers les acides gras (d'origine végétale) ou les biopolymères. Ces matériaux s'avèrent de très bons candidats pour le stockage d'énergie thermique et permettent de réduire l'impact du bâtiment sur son environnement.

Le sujet peut-il contribuer à développer l'intelligence artificielle ?

Cette thèse développe une solution de stockage thermique qui contribue à la réduction de la consommation énergétique et d'améliorer le bilan carbone. A terme, un démonstrateur du système sera fabriqué. Celui-ci sera équipé de différents capteurs (température, humidité, etc.) et inclura nécessairement un pilotage intelligent des organes de récupération et distribution de l'énergie. Les capteurs intelligents IoT installés correctement dans le démonstrateur permettent de piloter la pile thermique en temps réel, collecter des informations pour une prise de décision intelligente (actions sur les systèmes de distribution). Les données sont collectées et stockées dans une base de données. Pour une amélioration du rendement, le développement d'un algorithme de traitement de données est plus que nécessaire. Il permet de fournir à la fois une hiérarchie de contrôle du procédé (pilotage des systèmes) et un apprentissage machine. Pour un fonctionnement optimal et autonome du système, ces organes devront à terme être dotés d'intelligence artificielle.

Fait à, Lille

Le 14 décembre 2021

Directeur de thèse
Zohir Younsi

Signature

